臺灣主要土壤含氮狀況與其供應情形[1]

林家棻　張愛華　曾肇清[2]

引　言

農田表土所含氮素幾乎全爲有機態，其分佈情形，據 Bremner (3) 與 Stevenson (21) 等用熱酸分解測定結果，認爲表土所含全氮中約30～50%爲胺基酸態氮 (amino acid N)，6 ～ 9 %爲 Hexosamine, ，而Purine 與 pyrimidine 的衍生物則僅1～2 %。土壤中氮素目前尚有半數以上，未知其存在的形態。

土壤中有機態氮作物不能直接利用，但其中部分（1～3 %）可經微生物作用轉變爲無機態氮，提供作物吸收。由於微生物活動受環境因子的影響甚大，因此估計土壤中氮素的供應較磷、鉀更爲困難。但作物除荳科外，對於氮素的需求仍較其他肥料要素爲高，且氮肥施用不足，固可減低收量，施用過量，亦易導致病蟲害的發生，因此探討土壤中氮素的供應仍屬目前重要課題之一。

Shiga (15) 認爲日本各地高產水稻在各生育時期所需要的氮素，目前業已大體了解，今後應加强對於各種環境之下，土壤中礦物化氮素釋放情形與水稻生長關係之研究。渠并以實例說明礦物化氮低的土壤，在水稻生育後期施用追肥，獲得顯著增收。

土壤氮有效指數之測定，目前仍以通氣之下，保溫培養產生 NO_3-N 法 (1,6, 8, 14, 18) ，或潛水之下，保溫培養產生 NH_3-N 法 (25) 採用較廣。但培養法所需時間較長，不易達到土壤速測目的。若干學者如 Gallagher 與 Bartholomew (7) 認爲用化學法測定土壤中全氮、有機物含量、酸可抽出氮，或炭酸鈉可抽出氮以反映在溫室情形之下土壤中氮的有效性，較保溫培養產生 NO_3-N 法爲佳。 Bremner (12) ，與Verstaeten et al 氏 (24) 等認爲用沸水抽取土壤中氮素與用培養法所產生礦物化氮極爲接近。而Jenkinson (9) 認爲用熱水或 0.1 N Ba $(OH)_2$液抽取土壤中的葡萄糖 (Glucose) 與保溫培養所產生礦物化氮之關係較可抽出氮爲優。Stanford (19) 認爲用硫酸溶液較 Na-pyrophosphate 液容易將土壤中可礦物化氮抽出。 Cornfield (5) 認爲保溫培養 NO_3-N 法乃假設在培養期中土壤內部分有機態氮轉變爲硝酸態氮，但在通氣培養之下，亦可能產生相當量的 NH^+_4-N，僅測定 NO^-_3-N，殊不足爲憑，渠主張用 N NaOH 液處理土壤，所釋出的 NH^+_4-N ，作爲土壤氮供應能力的估計。Truog (23), Subbiah 與 Asija 等 (22) 認爲土壤中有效態氮可以鹼性過錳酸鉀處理求得之。總之，土壤氮有效指數，用化學方法測定的缺點，在於未考慮土壤氮素轉變過程中 (mineralization-immobilization cycle) 有賴微生物活動所需要能量供應的因子，多屬經驗的判斷，所倡議的方法，往往僅適用於某特定地區或環境中。

本文的目的在探討本省主要土壤中有機態氮分佈狀況，保溫培養下礦物化氮釋放情形，氮有效指數的測定方法，以及溫室盆栽水稻對於氮的效應。由其彼此間之關係有助於了解本省土壤含氮狀況與其供應情形。

本文第一作者獲得國家科學委員會研究補助費，試驗經費并承農復會補助謹此誌謝。

本研究中所用土壤樣本之採集與分類承曾技正浴沂協助與鑑定，土壤中礦物化氮承王幼惠、陳卿英兩小姐協助測定，謹此深致謝忱。

1　試驗報告農試字第六二三號。

2　臺灣省農業試驗所技正、技術員。

試驗材料與方法

供試土壤係在全省各地農田選取表土樣本20種，足以代表本省主要土壤者。其土壤類別、母質及採樣地點如表1。而其理化性質如表2。

溫室盆栽試驗：上述20種表土，經風乾篩別後，各稱5.0公斤於磁盆中，每種土壤的氮用量分爲3平準，即0,0.75及1.50 gm $(NH_4)_2SO_4$/pot，重複一次，共計120盆，各盆并施用足量的磷鉀肥，加水予以充分攪勻，經一晝夜，土壤着實後，即行插秧，每盆5株，用臺中65號，收穫後測定谷與藁收量及其含氮量。

表1　土類、母質及採樣地點

Table 1. Soil groups, parent materials, and Sampling sites

土號* Soil No.	土類 Soil group	母質 Parent material or carrier	採樣地點 Sampling sites
1(1)	紅棕壤	洪積層	桃園中壢上青埔段2727
2(2)	〃	〃	桃園觀音后湖段94之2
3(3)	黃棕壤	〃	桃園龍潭四方林段152
4(4)	冲積土	紅棕壤	桃園中壢芝巴段21
5(18)	〃	黃棕壤	臺南六甲龜子港段129之9
6(9)	〃	北部砂頁岩	彰化和美鄉番子溝段田363
7(16)	〃	南部砂頁岩含 mudstone	臺南將軍鄉中甲135
8(25)	〃	〃	屏東恆春車城鄉新街圖298
9(11)	〃	粘板岩（新濁水溪冲積）	彰化永靖鄉同安宅段135
10(12)	〃	〃	彰化埤頭鄉周厝崙段319
11(20)	〃	粘板岩（剖面發育顯明）	屏東公舘段畑472—1
12(21)	〃	〃　〃　〃	屏東大湖田段79—1
13(24)	〃	粘板岩（剖面發育不明）	屏東佳冬下埔頭段258
14(27)	〃	片岩	花蓮農業改良場田486
15(28)	〃	〃　〃　〃	臺東農業改良場旱作地
16(5)	〃	洪積層，砂頁岩，粘板岩混什	臺中清水社口段79—8
17(8)	〃	〃	臺中西屯段64
18(10)	鹽土	砂頁岩（大肚溪冲積受海水入侵）	彰化伸港什股段54
19(13)	冲積土	砂頁岩，粘板岩，（舊濁水溪）	彰化員林大饒段431
20(26)	湖成堆積土	砂頁岩	屏東恆春山腳程段225

* 括弧內號碼乃爲土壤樣本抵達實驗室時之登記號碼

* Figures in the bracket are the Laboratory registered numbers.

表 2　供試土壤之一般性質

Table 2. Analysis of soils

Soil No.	pH	Texture	Mechanical analysis			Organic matter %	Total N %	C/N ratio	C.E.C. meq/100 gm
			Clay %	Silt %	Sand %				
1(1)	5.2	SiC	45.4	42.2	12.4	2.28	0.12	11.0	10.44
2(2)	5.0	SiC	43.4	48.2	8.4	2.91	0.16	10.6	10.56
3(3)	5.2	CL	37.4	40.2	27.4	2.74	0.13	12.2	14.07
4(4)	5.1	SCL	21.4	26.2	52.4	1.99	0.11	10.5	6.53
5(18)	6.3	CL	27.4	48.2	24.4	0.89	0.06	8.7	8.89
6(9)	5.9	SiCL	39.4	44.2	16.4	2.42	0.14	10.0	15.16
7(16)	7.5	SL	13.4	36.2	50.4	0.89	0.06	8.7	6.26
8(25)	5.8	CL	29.4	40.2	30.4	1.68	0.11	8.8	9.07
9(11)	7.5	SiCL	31.4	52.2	16.4	1.79	0.13	8.0	7.03
10(12)	6.2	SL	19.4	26.2	54.4	2.54	0.16	9.2	6.77
11(20)	7.2	L	17.4	50.2	32.4	2.32	0.14	9.6	7.46
12(21)	5.4	SiL	21.4	68.2	10.4	2.04	0.12	9.8	7.15
13(24)	6.9	SiCL	39.4	48.2	12.4	3.80	0.22	10.0	15.66
14(27)	7.6	SiL	21.4	64.2	14.4	1.01	0.05	11.8	3.60
15(28)	5.8	SiCL	27.4	64.2	8.4	1.43	0.10	8.3	6.34
16(5)	6.3	CL	33.4	43.2	24.4	2.58	0.16	9.4	11.31
17(8)	4.8	L	21.4	30.2	48.4	1.98	0.12	9.6	7.58
18(10)	7.8	SCL	21.4	26.2	52.4	1.77	0.10	10.0	8.95
19(13)	7.5	SiC	49.4	40.2	10.4	3.07	0.20	8.9	13.61
20(26)	7.6	SiC	47.4	48.2	4.4	2.39	0.14	9.9	17.02

室內分析：供試土壤作下列各項化驗：

1.土壤一般性質之測定（2）：（a）機械分析用浮秤法（Hydrometer method），（b）pH 用玻璃電極法（土：水＝1：1）。（c）有機物用鉻酸氧化滴定法及（d）陽離子交換能量用醋酸銨法。

2.土壤有機態氮分佈狀況之測定（3）：（a）全氮用Kjedahl's 法。（d）有機態氮之分佈包括胺基酸態氮，Hexosamine 等參照 Bremner 法。

3.土壤中礦物化氮之釋放情形（16）：將 10gm 風乾土壤置於 100-ml 塑膠製的離心管中，用 0.01M $CaCl_2$ 液洗滌土壤兩次，每次用 25ml,，將洗液移於 kjedahl 瓶中，加水至 150ml，次加 2ml 的飽和NaOH 液，測定土壤中可蒸餾氮量（distilable N），剩於離心管中的土壤，經添加 25ml 無氮培養液（該液含 0.002M $CaSO_4 2H_2O$, 0.002M $MgSO_4{\cdot}7H_2O$, 0.005M $Ca(H_2PO_4)_2{\cdot}H_2O$,及 0.0025M K_2SO_4)後，置於 40°C 的溫箱中，經兩星期取出，用同法測定其可蒸餾氮，再予保溫培養，返復操作，測定 6 次，共計經過12星期。

4.土壤中氮有效指數之測定（12）：

(a) 原有銨態氮 (Initial NH_4^+-N)：取 5.0gm 風乾土壤於 kjedahl 瓶中，加 25ml 的 2N KCl液，次加 0.15gm 不含炭酸鹽的 MgO ，用蒸汽蒸餾於硼酸一指示劑混合液中，用 0.005N H_2SO_4 滴定之。

(b) 潛水保溫培養法 (Waterlogged incubation method)：取5.0gm 的風乾土壤 (<2mm) 於 16×150mm 的試管中，添加水 12.5±1ml ，加塞，在 40°C 保溫 1 星期後，取出，全部用12.5±1ml 的 4N KCl 液分 3 次將試管中土壤洗於 150ml 的蒸餾瓶中，加 0.25±0.05gm 的重 MgO (不含炭酸)，經與Bremner 設計之 Steam distillation apparatus 聯接後，在 4 分鐘內蒸餾于 5ml 的硼酸一指示劑混合液中，用 0.005N H_2SO_4 滴定之。

(c) 沸水抽出法 (N extracted by boiling water)：稱10.0gm 的風乾土壤於 125-ml 的三角瓶中，加 60 ml 的水，附以 Liebig 氏冷却管，煮沸60分鐘後，過濾，取清淨濾液 2.0ml 於 kjedahl瓶中，加 2.0ml 的濃硫酸及 0.7gm 的 K_2SO_4：$CuSO_4$：Se (10：1：0.1w/w) 粉末，分解至無色爲止，冷却，加 10ml 的 10N NaOH ，置於蒸汽蒸餾器或一般 Semi-micro-kjedahl's 的蒸餾裝置中蒸餾之 (該兩法蒸餾所得測定值之相關係數 r=0.95**) 均可 ，經收集於硼酸一指示劑中後 ，用 0.005 N H_2SO_4 滴定之。

(d) 沸水加 K_2SO_4 液抽出法 (N extracted by boiling water and K_2SO_4 Solution) ：用 5.0gm 的土壤，加 30ml 的水，同 (c) 法煮沸60分鐘後，冷却，加 20ml 的 10% (w/v) K_2SO_4 液，充分搖勻後，過濾，取濾液 20ml ，加 2.0ml 的濃硫酸，但不加 K_2SO_4：$CuSO_4$ ：Se 催化劑，分解後，同 (c) 法蒸餾之。本法煮沸後加K_2SO_4 液的目的在使過濾迅速，濾液清澄，適於經常分析之用。

(e) 冷稀硫酸液抽出法 (N extracted by cold, dilute Sulfuric acid)：取 10gm 土壤於 250-ml 廣口瓶中，加 100ml 的 0.5 N H_2SO_4 液，加塞後，置於搖動機上，在室溫下搖動 1 小時，過濾，取濾液 20ml 於 Kjedahl 瓶中，然後照 (d) 法分解，蒸餾測定之。

(f) 冷稀氫氧化鋇液抽出法 (N extracted by cold, dilute barium hydroxide solution)：稱10gm 風乾土壤於 250-ml 的廣口瓶中，加 100ml 的 0.1N Ba $(OH)_2$ 液後，加塞，在室溫下，搖動30分鐘，過濾，取濾液 20ml 於 Kjedahl 瓶中，照 (c) 法分解，蒸餾測定之。

(g) 鹼性過錳酸鉀液抽取法 (N released by distilled with alkaline $KMnO_4$) ：取 5.0gm 土壤於 250-ml 的圓底蒸餾瓶中，加 25ml 的 0.32% $KMnO_4$ 及 25ml 的 2.5% NaOH液，1 滴的礦物油及 5ml 的水，經與冷却器連結後，以每分鐘 1ml 的速率，予以蒸餾15分鐘，經收集於硼酸一指示劑混合液後，用 0.05N H_2SO_4滴定之。

(h) 氫氧化鈉處理擴散法 (NH_3-N released by micro-diffusion with N NaOH) ：稱 2.0gm 的土壤及 5ml的 N NaOH 液，置於扁平皿 (相當於Conway unit) 的外圍，而將一小杯盛有 1ml 的硼酸一指示劑混合液置於扁平皿的中央，蓋上另一半扁平皿，邊緣用塑膠帶粘着，徐徐搖動，使土壤與 NaOH 液充分混勻後，置於 28°C 的溫箱中，經42小時後取出，解開塑膠帶，小杯含有硼酸一指示劑混合液所收集的 NH_3-N ，用 0.005 N H_2SO_4滴定之。

試驗結果與討論

土壤中氮分佈狀況與其性質之關係： 表3.示個別土壤間氮的分佈變異甚大，不易從土類中窺知其梗概，此可能因本試驗所選用的土壤均屬表土，受長期不同管理的影響而將土類間差異予以遮蓋。Keeney 與 Bremner (10) 亦認爲耕種可影響土壤氮的分佈。但從平均數而言，非水解性氮 (non-hydrolyzable N) 約佔全氮量的24.4%，鹽酸處理後所生成水解性總氮量爲75.6% ， 銨態氮佔25% ，(乃指鹽酸水解液中所含部分Amid 態氮，非交換性氮及非蛋白質態氮) ， Hexosamine-N 則佔 4.8%，胺基酸態氮爲 35.7%，其他未知其形態者則爲 10.5%，此與 Stevenson (21) 研究各類土壤

中氮的分佈情形甚相吻合。

表2.示供試土壤性質之變異甚大，土壤反應由 pH 4.8-7.8 ，質地由砂質壤土以至坋砂質粘土，有機物由0.89%－3.8%，全氮由0.05%－0.22%，陽離子交換能量由 3.8-17.02 meq/100gm Soil，由此顯示所選用的土壤足以代表本省大多數的土壤。上述各項性質與土壤各形態氮之相關係數經計算結果如表4。其中 pH ，砂及 C/N 比與土壤各形態氮之關係均不明顯，其中僅 pH 與未知態氮間有顯著的負相關，但其原因，仍待查考。而土壤各形態氮與粘土含量、有機物、全氮或陽離子交換能量多有極顯著的正相關，但與坋砂則爲負相關，其中尤以坋砂與胺基酸態氮間曾達到極顯著的負

表3 鹽酸水解後土壤中氮之分佈情形

Table 3. Nitrogen distribution of soils after hydrolysis

Soil No- +	Non-hydro-lyzable N	Hydrolyzable N					
		Total	Ammonium	Hexosamine*	Amino acid	Hydroxy amino acid	Unidenti-fied**
		% of total soil N***					
1(1)	11.3(136)	88.7(1064)	19.3(232)	10.1(121)	39.7(476)	9.0(108)	19.6(235)
2(2)	22.6(361)	77.4(1239)	20.6(330)	5.1(81)	36.4(581)	7.8(124)	15.4(247)
3(3)	16.1(209)	83.9(1091)	25.1(326)	7.5(97)	35.2(457)	8.7(113)	16.2(211)
4(4)	13.9(153)	86.1(947)	22.2(244)	6.6(72)	39.2(431)	8.0(88)	18.2(200)
5(18)	13.0(78)	87.0(522)	42.2(532)	5.2(31)	33.7(202)	6.2(37)	6.0(36)
6(9)	21.6(302)	78.4(1098)	24.5(343)	3.1(44)	39.1(547)	7.4(104)	14.3(200)
7(16)	13.7(82)	86.3(518)	30.8(185)	5.3(32)	36.8(221)	6.0(36)	13.3(80)
8(25)	30.3(333)	69.7(767)	28.5(313)	3.8(42)	34.9(384)	5.0(55)	2.6(28)
9(11)	40.2(523)	59.8(777)	22.9(297)	2.8(36)	24.7(321)	4.8(62)	9.5(123)
10(12)	36.6(586)	63.4(1014)	20.1(321)	5.4(86)	36.0(576)	6.2(99)	1.9(31)
11(20)	29.0(406)	71.0(994)	22.8(319)	3.2(45)	33.1(463)	6.9(96)	11.9(167)
12(21)	22.1(265)	77.9(935)	28.8(346)	2.4(29)	35.0(420)	6.3(76)	11.7(140)
13(24)	23.8(523)	76.2(1677)	24.3(534)	4.1(89)	40.2(884)	7.4(162)	7.7(170)
14(27)	23.0(115)	77.0(385)	28.4(142)	1.2(6)	40.6(203)	7.6(38)	6.8(34)
15(28)	40.4(404)	59.6(596)	19.2(192)	4.3(43)	26.6(266)	5.3(53)	9.5(95)
16(5)	27.1(434)	72.9(1166)	21.6(346)	4.5(72)	35.6(569)	7.6(121)	11.2(179)
17(8)	26.9(323)	73.1(877)	22.2(266)	4.3(52)	35.6(427)	6.4(77)	11.0(132)
18(10)	12.6(126)	87.4(874)	28.2(282)	3.9(39)	45.0(450)	7.9(79)	10.3(103)
19(13)	36.9(738)	63.1(1262)	13.4(268)	9.8(196)	32.5(650)	5.9(118)	7.4(148)
20(26)	26.7(374)	73.3(1026)	30.5(427)	3.0(42)	34.6(485)	6.8(95)	5.1(72)
Mean	24.4(324)	75.6(942)	24.8(298)	4.8(63)	35.7(451)	6.9(87)	10.5(132)

*The hexosamine values reported in the Table are not corrected for decomposition of hexosamine during acid hydrolysis. The appropriate correction factor as calculated by Sowden's extrapolation technique is 1.4

**Unidentified N－Total hydrolyzable N－ (ammonium＋hexosamine＋amino acid)-N.

*** Figures in ( ) are amounts of N in various fractions expressed as ppm of soil.

＋See footnote under Total 1.

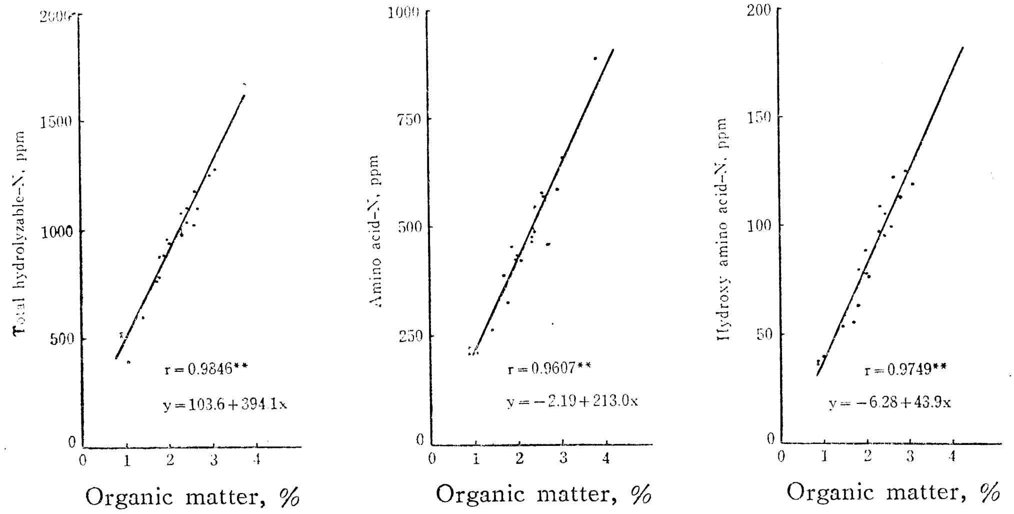
相關，此可能因坋砂粒徑較粗，通氣易，胺基酸態氮分解較速所致。由於有機物及全氮與土壤中水解性氮及胺基酸態氮有極密切的關係，更計算其迴歸方程式示於圖1。其中值得注意者爲在後節論述中可知水解性氮或胺基酸態氮與水稻氮吸收量均有顯著的相關，因此在若干地區或特定環境之下，可以有機物或全氮以反映土壤氮素的供應情形。

表4 土壤性質與各形態氮間之相關係數

Table 4. Correlation coefficients for relations between some soil properties and various forms of soil nitrogen

Soil Properties	Forms of soil nitrogen						
	Non-hydrolyzable N	Hydrolyzable N					
		Total	Ammonium	Hexosamine	amino acid	Hydroxy amino acid	Unidentified
pH	0.1722	0.1614	0.0137	– 0.1332	– 0.0745	– 0.1775	– 0.4602*
Clay	0.3721	0.6010*	0.4260	0.6079*	0.5282*	0.6033**	0.4452
Silt	0.0274	– 0.2020	– 0.0166	– 0.5322*	– 0.7951**	– 0.1940	– 0.0658
Sand	– 0.2538	– 0.2361	– 0.2567	– 0.1553	– 0.1948	– 0.2425	– 0.2340
Organic matter	0.6363**	0.9846**	– 0.7619**	0.6671**	0.9607**	0.9749**	0.5974*
Total nitrogen	0.8104**	0.9396**	0.7490**	0.6695**	0.9401**	0.9011**	0.4663*
C/N ratio	– 0.4088	0.2105	0.0255	0.1026	0.1612	0.3271	0.4297
C.E.C.	0.3123	0.7252**	0.7231**	0.4534*	0.6702**	0.6975**	0.3835

* Significant at 5%, **significant at 1%.



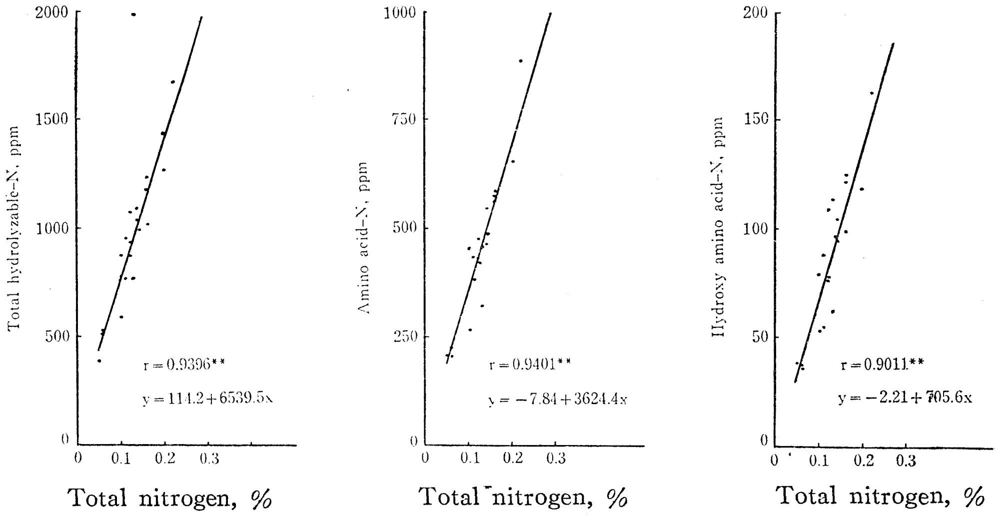


圖1.土壤有機物及全氮量與水解性總氮量及胺基酸態氮之關係

Fig. 1. Regression lines showing relation of N values obtained after acid hydrolysis to total nitrogen and organic matter content of soils

土壤中各形態氮與潛水保溫培養所產生礦物化氮之關係：表 5 示在潛水 40°C 保溫 、培養下，每隔兩星期所產生的礦物化氮與非水解性氮，以及酸水解後所產生的銨態氮及 Hexosamine-N 多無顯明的關係，但與水解性氮，胺基酸態氮及未知態氮則多有顯著相關，若就顯著的相關係數出現次數及其高低而言，在潛水保溫培養下，所釋出的氮與土壤中各形態氮之强弱關係順序如下：

Unidentified N>hydrolyzable-N>amino acid N>Hexosamine-N>ammonium> non-hydrolyzable-N

表 5　土壤中各形態氮與潛水保温培養所產生礦物化氮之關係

Table 5. Correlation coefficients for relations between organic forms of nitrogen initially present in the soils and those mineralized at indicated periods of waterlogged incubation

Forms of soil N	N mineralized at indicated periods of waterlogged incubation					
	0—2wk	2—4wk	4—6wk	6—8wk	8 —10wk	10—12wk
Non-hydrolyzable N	0.1286	− 0.0041	− 0.0179	0.0576	− 0.1076	− 0.3861
Total hydrolyzble N	0.6028**	0.0664	0.7352**	0.5407*	0.4480	− 0.0287
Hydrolyzable ammonium N	0.2679	0.3974	0.5455*	0.3807	0.1355	− 0.0347
Hexosamine N	0.4796*	0.4478	0.3068	0.2562	0.4457	− 0.0872
Amino acid N	0.5766*	0.5868*	0.6339*	0.4136	0.4097	− 0.0532
Unidentified N	0.6322**	0.7755**	0.9053**	0.8321**	0.6041**	0.1567

* and ** refer to significant at 5% and 1%, respectively.

據 Keeney Bremner (11) 研究在長期通氣保溫培養前後，土壤中各形態氮的變異情形， 認爲土壤中除非交換性氮 (non-exchangeable N) 有增加外，其他形態的氮經培養後均減少，其損失大小順序爲 (以全損失量作物100) ：

Total hydrolyzable-N (76%)>amino acid-N (40%) >Unidentified-N (25%) >nonhydrolyzable-N (24%) >Ammonium (11.9%) >Hexosamine-N (8.3%)

雖然Keeney 與 Bremner 係在通氣之下情形，而本試驗係在潛水之下，兩者結果略有出入，但其中值得注意者爲勿論潛水或通氣保溫培養所產生的礦物化氮多與Unidentified-N, hydrolyzable-N 及 Amino acid-N之關係較爲密切，由於 Unidentified N 在礦物化氮中佔有相當的份量，利用化學抽出劑以測定土壤氮有效指數將更趨於複雜。

土壤中各形態氮及潛水保溫培養所產生礦物化氮與溫室水稻氮吸收量及稻谷收量之關係：表 6 示水稻氮吸收量與土壤經鹽酸分解後所產生水解性總氮量，胺基酸態氮及未知態氮均有密切的關係，但稻谷收量百分率則僅與胺基酸態氮有顯著的相關。

表 6　土壤中各形態氮與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之關係

Table 6. Correlation coefficients for relations of various forms of soil N to N uptake and per cent yield of rice under greenhouse condition

Rice	Various forms of soil nitrogen						
	Non-hydro-lyzable N	Hydrolyzable N					
		Total	Ammonium	Hexosamine	Amino acid	Hydroxy amino acid	Uniden-tified
N-uptake (grain+straw) +%	0.0925	0.6121**	0.4156	0.2696	0.5741*	0.6090**	0.6089**
Yield of grain N_0/N_2 x 100	− 0.2630	0.2630	− 0.1908	0.1197	0.4498*	0.3946	0.2658

+From no N pot.　　*and ** refer to signifcant at 5% and 1%, respectivly.

表 7 示水稻氮吸收量及稻谷收量百分率與潛水保溫培養下，每隔兩星期所產生的礦物化氮之相關係數均較表 6 其與土壤中各形態氮者爲高，此可能因爲在潛水保溫培養下所產生的礦物化氮包含水解性氮，胺基酸態氮及未知態氮在內，因而提高其相關係數。又從累積礦物化氮與水稻氮吸收量之關係

表 7　潛水保温培養所產生礦物化氮與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之關係

Table 7. Correlation coefficients for relations of N mineralized after intermittently two-week waterlogged incubation to N-uptake and per cent yield of rice under greenhouse condition

Rice	N mineralized after intermittently two-week incubation					
	0—2wk	2—4wk	4—6wk	6—8wk	8—10wk	10—12wk
N-uptake from no N pot (grain+straw)	0.8505**	0.9495**	0.8395**	0.6644**	0.8243**	0.4605*
% grain yield (N_0/N_2 x 100	0.7598**	0.7152**	0.5552*	0.8041**	0.6544**	0.3577

Cumulative N mineralized at indicated period of incubation

	0—2wk	0—4wk	0—6wk	0—8wk	0—10wk	0—12wk
N-uptake from no N pot (gain+straw)	0.8505**	0.8795**	0.8859**	0.8816**	0.8833**	0.8872**
% grain yield (N_0/N_2 x 100)	0.7598**	0.7479**	0.7328**	0.7098**	0.9108**	0.7159**

* and ** refer to significant at 5% and 1%, respectively.

而言，其相關係數有隨培養週數提高的趨勢，但以0-6wk爲最高，過後，趨於平穩，但稻谷收量百分率則僅與 0-2wk 所產生的礦物化氮之相關係數最高，過後有徐徐減少的趨向。但其相關係數仍達極顯著平準。其中值得注意者爲保溫培養所產生的礦物化氮與無氮區水稻氮吸收量的相關係數均高於其與稻谷收量百分率者。據 Legg 與 Stanford (13) 利用N^{15}探討作物對於土壤中N及肥料中N之利用時，認爲施用氮肥之後，可增加土壤礦物化氮的釋出，或減少根羣週際微生物(Rhizosphere microa-rganisms) 對於氮的固定作用 (immobilization)，可能因施用氮肥之後，根中有機質之C/N 比將降低所致，但 Broadbent氏 (4) 認爲施用氮肥確可增加土壤中氮之釋放，但其原因並非完全由於根際微生物的影響，仍待查考， Shiza (15) 報告亦認爲稻田施用氮肥後，在初期確可增加土壤中氮之釋放，由此顯示土壤施用氮肥之後，土壤氮礦物化的型式 (N mineratlizaion pattern) 將受到干擾，稻谷收量百分率乃從無氮區與施氮區之比 ($N_0/N_2\times100$) 求得之，而水稻氮吸收量乃從無氮區直接求得之，因此後者與保溫培養所產生的礦物化氮之相關係數往往較前者爲高。

表 8 土壤氮礦物化能量與速率之估計

Table 8. Estimation of N mineralization potential and N mineralization rate

Soil No.	N mineralization potential, ppm		N mineralization for indicated periods of incubation					
	Based on 0-12 wk incubation and derived from $1/N_t$ vs 1/t	Based on 0-12 wk incubation and derived from log (N_0-N_t) vs t	ppm N/$\sqrt{t}$					
			0—2 wk	0—4 wk	0—6 wk	0—8 wk	0—10 wk	0—12 wk
1 (1)	320.8	280	86.6	88.9	83.8	82.3	78.6	74.1
2 (2)	391.7	340	—122.8	—124.4	—114.5	—106.1	— 99.9	— 93.5
3 (3)	297.7	240	53.0	61.2	62.9	64.2	61.8	56.4
4 (4)	261.9	240	86.6	84.9	79.0	74.0	68.7	62.7
5 (18)	104.4	104.4	16.8	17.8	17.8	18.2	18.8	19.4
6 (9)	280.2	240	61.4	67.1	66.1	51.7	48.7	45.8
7 (16)	162.2	140	41.9	45.5	42.0	39.1	37.5	36.5
8 (25)	220	180	55.8	61.2	56.4	54.4	52.2	49.0
9 (11)	185.7	150	53.0	49.4	46.7	44.7	42.5	38.8
10 (12)	145.2	140	61.4	53.4	46.8	43.3	41.2	38.2
11 (20)	115.6	140	23.3	23.7	25.8	27.9	25.0	22.8
12 (21)	137.7	90	27.9	27.7	27.4	28.0	26.2	25.1

13(24)	257.9	210	72.6	73.1	71.0	67.1	63.7	59.3
14(27)	—	—	—	—	—	—	—	—
15(28)	329.2	230	5.6	7.9	9.7	11.2	12.5	11.4
16(5)	276.3	210	64.1	67.1	67.7	67.0	63.7	59.3
17(8)	227.8	210	78.1	71.1	66.1	62.8	59.9	55.9
18(10)	185.7	170	64.2	59.3	54.8	51.7	48.7	45.8
19(13)	156.8	145.0	58.6	55.3	48.4	44.7	42.5	36.5
20(26)	157.2	110	27.9	35.6	35.5	33.5	32.5	30.2

土壤氮礦物化能量 (N mineralization potential) 與速率之估計： 圖2示供試土壤在潛水保溫培養之下，每隔兩星期所產生的礦物化氮累積量與培養時間（星期數）平方根的關係屬於直線型。此與Stanford 與 Smith (20) 在通氣情形之下，所得結果相同。利用圖2.資料計算礦物化速率即以礦物化氮累積量除以培養週數的平方根求得之，如表8。其中顯示大多數土壤的N礦物化速率多隨培養週數而降低，少數土壤如土號5、11及12，其氮礦物化速率在培養期中幾乎不變而土號15則有逐漸增加的趨向，此外，多數土壤氮礦物化速率在 0-2wk 較 0-4wk 爲低，此可能因微生物活動停滯所致，或因初期有低氮有機物分解，所產生礦物化氮爲微生物所同化。

更利用圖2. 資料估計土壤氮素礦物化能量，首先乃以 $1/N_t=1/N_0+b/t$ 公式求之，式中 N_t ＝培養期間生成礦物化氮之累積量ppm，t＝ 週數或星期， b＝坡度， N_0＝ 可礦物化氮能量 (N mineralization potential)，其 $1/N_t$ 與 $1/t$ 之相關係數在0.99者有12個土壤，在0.98—0.95者有5個土壤，在0.93—0.90者僅有二個土壤，求得各土壤之氮礦物化能量如表8.中第二行。

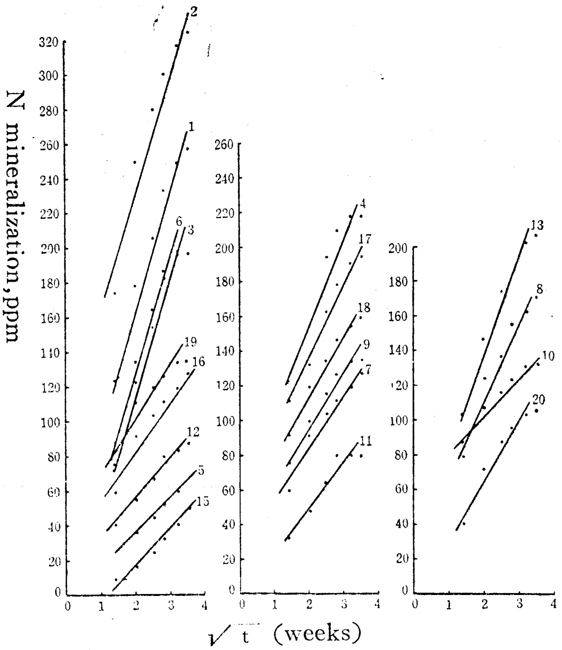


圖2. 礦物化氮累積量與培養時間平方根的關係
Fig. 2. Cumulative N mineralization (ppm) in relation to the square root of time (times1/2)
Figure for each line indicates the soil No.

又假設土壤氮礦物化速率與土壤中可礦物化氮量有關，則 $dN/dt=-kN$，積分後爲 $\log(N_o-N_t)=\log N_o-k/2.303\ (t)$。然後求 $\log(N_o-N_t)$ 與 t 之相關係數，最初，N_o乃利用表8第二行中所求得者，然後增減N_o值，務使 $\log(N_o-N_t)$ 與 t 之相關係數達到最高時，即爲所求得之N_0。結果示於表8第三行。其 $\log(N_o-N_t)$ 與t之相關係數均在0.99以上。表中示各土壤間氮礦物化能量之差異甚大，高者可達300 ppm以上，低者不及100 ppm 其中值得注意者爲在桃園一帶選取之黃棕壤及紅棕壤（土號1、2、3）其氮礦物化能量均相當的高，而在彰化、屏東一帶選取之粘板岩冲積土（土號9、10、11及12）反而較低。此與北部稻田需氮較低，而中南部稻田需氮較高頗爲符合。

表9.示估計之氮礦物化能量與礦物化速率對於水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之關係。其中用$\log(N_o-N_t)$ 對 t 所估計之氮礦物化能量(N_o)較以 $1/N_t$ 對t估計者爲優。蓋前者與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之相關係數均較後者爲高。

Ponnamperuma (The chemistry of submerged soils, Advances in Agronomy vol 24, 1972) 亦認爲稻田的氮釋放情形可以前述公式log $(N_o-N_t)=\log N_o-k/2.303\ (t)$ 表示之。

表9. 估計之土壤氮礦物化能量及礦物化速率與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之關係

Table 9. Correlation coefficients for relations of N mineralization potentials as well as N mineralization rates to N-uptake and per cent yield of rice under greenhouse condition

Rice	N mineralization potentia		N mineralization rates as dipicted by the slope for regression of N, ppm $N/\sqrt{t}$					
	Based on 0-12 week incubation & derived from 1/Nt vs 1/t	Based on 0-12 week incubation and derived from log(No-Nt) vs t	0—2wk	0—4wk	0—6wk	C—8wk	0—10wk	0—12wk
N-uptake from no N pot	0.7418**	0.7893**	0.8342**	0.8682**	0.8769**	0.8 467**	0.8456**	0.8500**
% grain yield (N_0/N_2 x 100)	0.5231*	0.5963*	0.7386**	0.7285**	0.7133**	0.6943	0.6940**	0.7036**

水稻氮吸收量及稻谷收量百分率與土壤氮礦物化速率所得之相關係數，均高於其與氮礦物化能量所得者，換言之，水稻氮吸收量及稻谷收量受土壤中氮礦物化速率的影響較礦物化能量爲大。因此，今後應加强對於土壤中氮釋放型式 (pattern) 之研究。

各法所得氮有效指數與兩星期潛水保溫培養所產生礦物化氮之比較：由上數節可知在潛水保溫培養所產生礦物化氮最能表現土壤氮素的供應情形，但培養時間需要兩星期，在土壤速測立場，及本省多作制度之下，誠嫌過長，因此是否可以縮短培養時間，或用其他化學方法，確有加以比較的必要。

表10. 潛水保温(40°C)培養兩星期所產生礦物化氮與其他方法所得氮有效指數之關係

Table 10. Correlation coefficients for relations of soil N values from 2-week waterlogged incubation to those from 1-week incubation and to those from other chemic al assays

	1-week water-logged incubation	Initial NH_4^+−N+ 1-week incubation	Boiling H_2O extracting method	Boiling $H_2O+K_2SO_4$ extracting method	Cold 0.1 N $Ba(OH)_2$ extracting method	Cold 0.5 N H_2SO_4 extracting method	Alkaline $KMnO_4$ method	Micro-diffusion with N NaOH method
2-week water-logged incubation	0.8389**	0.8515**	0.1883	0.0805	0.4487	0.2897	0.3813	0.6040**

* and ** refer to significance at 5% and 1%, respectively.

表10.示兩星期潛水保溫（40°C）培養所產生礦物（40°C）化氮與培養一星期者之相關係數，達到極顯著平準。因在潛水40°C保溫培養之下，氮礦物化作用較為迅速，培養時間可予縮短。其他六種化學速測法中，以微量擴散法所得相關係數最高，且達顯著平準，其次為氫氧化鋇液抽出法，其相關係數接近顯著平準。其他如沸水抽出法，稀硫酸液抽出法以及鹼性過錳酸鉀法所得相關係數均低，不足採用。

各法所得氮有效指數與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率之關係：表11—12示各法所得氮有效指數中，以一星期潛水保溫（40°C）培養法，及同法再加土壤原有NH^+_4-N 所得之氮有效指數與水稻氮

表11. 在溫室情形之下，水稻氮吸收量與各法所得氮有效指數之關係

Table 11. Relationships between N-uptake by rice plant from no N pot and N availability index from various laboratory methods under greenhouse condition

N-uptake from no N pot	Initial NH_4^+-N N	water logged incubation N	Initial +incubation N	Boiling water extracted N	Boiling water+ K_2SO_4 extracted N	Cold 0.5 N H_2SO_4 extracted N	0.32% KMno$_4$ +2.5% NaOH extracted N	Cold 0.1 N $Ba(OH)_2$ extracted N	Diffusion with 0.1N NaOH N
Grain	0.39	0.86**	0.88**	0.11	0.08	0.27	0.44	0.54*	0.68**
Straw	0.39	0.89**	0.90**	0.08	0.08	0.23	0.38	0.51*	0.62**
Grain straw	0.40	0.88**	0.90**	0.28	0.08	0.25	0.41	0.52*	0.65**

* and ** refer to significance at 5% and 1 %, respectively.

表12. 在溫室情形之下，稻谷收量百分率與各法所得氮有效指數之關係

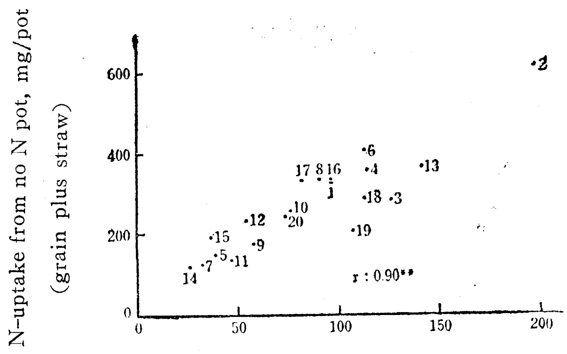
Table 12. Relationships between percent yield of grain and N availability index from various laboratory methods under greenhouse condition

Per cent yield of rice+	Initial NH_4^+-N N	Water logged incubation N	Initial +incubation N	Boiling water extracted N	Boiling water+ K_2SO_4 extracted N	Cold 0.5 N H_2SO_4 extracted N	0.32% Kmno$_4$ +2.5% NaOH extracted N	Cold 0.1 N $Ba(OH)_2$ extracted N	Diffusion with 0.1N NaOH N
Crain									
N_0/N_1x100	0.33	0.67**	0.70**	0.18	− 0.01	0.13	0.21	0.27	0.41
N_0/N_2x100	0.26	0.64	0.77**	0.07	− 0.12	0.09	0.24	0.24	0.45*
Straw									
N_0/N_1x100	0.07	0.86**	0.75**	0.07	− 0.18	− 0.07	0.16	0.19	0.41
N_0/N_2x100	0.16	0.86**	0.78**	0.14	− 0.18	− 0.02	0.23	0.24	0.46*

+N_0, N_1, and N_2 refer to the rate of N added at 0, 0.75 and 1.5 gm $(NH_4)_2SO_4$/pot, respectively.

* amd ** refer to the significance at 5% and 1%, respectively.

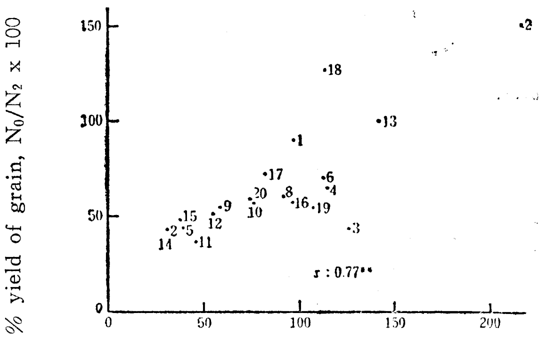
吸收量及稻谷收量百分率之相關係數最高，且達極顯著平準。其中值得注意者爲土壤原有 NH_4-N 加培養法所得氮值有提高相關係數的趨向，此與 Ozus 與 Hanway (14) 認爲生長初期作物氮吸收量與土壤中原有氮有密切的關係，而後期則與通氣或不通氣培養所產生的礦物化氮有關。Spencer (17) 等在田間試驗四種灌溉作物之氮吸收量與土壤氮有效指數時，亦認爲玉米之氮吸收量與土壤原有NO_3^--N再加兩星期通氣保溫培養所產生的 No_3^--N之關係較爲密切。化學方法中，仍以微量擴散



N obtained from waterlogged incubation at40°C for 6 days plus initial N, ppm

Fig. 3. Relationship of soil N obtained from waterlogged incubation to N uptake of rice plant from no N plot

圖3. 無氮區水稻氮吸收量與潛水保溫培養所得氮有效指數之關係



N obtained from waterlogged incubation at40°C for 6 days plus initial N, ppm

Fig. 4. Relationship of soil N values obtained from waterlogged incubation to per cent yield of rice (grain)

圖4. 稻谷收量百分率 ($No/N_2 \times 100$) 與潛水保溫培養所得氮有效指數之關係

法與氫氧化鋇液抽出法所得氮有效指數與水稻氮吸收量獲得顯著相關，但與稻谷收量百分率則僅微量擴散法獲有顯著相關。由此顯示各法所得氮有效指數，凡與培養法所得氮有效指數有顯著相關者，與水稻氮吸收量或稻谷收量百分率亦多有顯明關係。

一星期潛水保溫培養法所得氮有效指數與水稻氮吸收量及稻谷收量百分率的關係，更示於圖3.及4.中，從無氮區水稻氮吸收量之高低，顯示潛水保溫培養法所得氮值確可反映在一定環境之下，土壤

中氮素的供應情形。從圖4.無氮區與施氮區所得稻谷收量百分率而言，其相關亦相當顯明，但較水稻氮吸收量者略遜，其原因可能如前所述，施用氮肥之後，擾亂土壤氮釋放之型式，而減低其相關性。圖4.中土號18乃屬鹽土，施氮區收量遠不如無氮區，因此稻谷收量百分率特高，若將此問題土壤劈開，當可提高其相關性。

總之，在一定環境之下，潛水保溫培養一星期所得氮有效指數，除特殊土壤外，確可反映土壤氮素的供應情形。今後應加强研究在不同環境之下，土壤中氮之釋放型式，藉以增進稻田氮素肥力之瞭解。

結論與摘要

從全省各地農田選取代表性表土樣本20種，以探討本省主要土壤中有機態氮之分佈狀況，潛水保溫培養下礦物化氮之釋放情形及氮有效指數之測定法，所得結果幷以溫室盆栽水稻校正之。藉以瞭解本省土壤含氮狀況與供應情形。兹將所得結果摘要如下：

1.本省主要農田土壤，經熱鹽酸處理後，所得有機態氮之分佈（以全氮作100計算）如下：(a) 非水解性氮 (non-hydrolyzable-N) 爲 24.4%，(b) 水解性氮 (Total hydrolyzable-N) 爲 75.6%，(3)胺基酸態氮爲 35.7%，銨態氮包括 Amid 態及非蛋白質態氮爲 25%，Hexosamine-N 爲 4.8%，其他未知態氮爲 10.5%。此等有機態氮之分佈與土類間之關係不明顯，但與土壤若干性質則有顯明關係，如粘土含量、有機物、全氮及陽離交換能量等，其中尤以有機物及全氮與土壤水解性總氮量及胺基酸態氮之相關係數均在0.9以上。

2.潛水保溫培養兩星期所產生的礦物化氮與土壤中未知態氮，水解性總氮量及胺基酸態氮均有密切的關係，水稻氮吸收量亦與上述三形態氮間有顯著的關係。由此顯示，在一定環境之下，保溫培養法所得礦物化氮確可反映土壤氮素供應情形。

3.潛水保溫培養所產生礦物化氮的累積量與培養時間（星期）的平方根成直線型的關係。由此顯示在潛水之下，土壤中銨態氮的釋放可以 $\log (N_o-N_t)=\log N_o-k/2.303$ (k) 公式表示之，式中 N_o=氮礦物化能量，N_t=培養期間生成礦物化氮的累積量 ppm, t= 培養時間，k=常數，視個別土壤而定。由此公式所求得的氮礦物化能量 (N mineralization potential) 與水稻氮吸收量有顯著的關係。

4. 各法所得氮有效指數與潛水保溫培養兩星期所產生礦物化氮之相關係數中，以潛水保溫培養一星期者最高，其次爲微量擴散法，其他方法之相關係數均未達顯著平準。由此顯示潛水保溫培養時間可縮短爲一星期。

5.各法所得氮有效指數與稻谷收量百分率及水稻氮吸收量之相關係數中，仍以一星期潛水保溫培養法及同法再加土壤中原有 NH_4-N 者最高，且達極顯著平準，其次則爲微量擴散法，所得相關係數雖然亦達到顯著平準，但遠低於潛水保溫培養法。

綜上而言，在一定環境之下，潛水保溫培養法所得氮有效指數確可反映土壤氮素的供應情形，此法簡易精確，可供今後加强研究在各種環境下，土壤中礦物化氮之釋放情形，藉以增進稻田氮素肥力之瞭解。

Literature Cited

1. Allison, F. E., and Sterling, L. D. 1949. Nitrate formation from soil organic matter in relation to total nitrogen and cropping practices. Soil Sci. 67 : 239-252.
2. Black, C. A. (ed.) 1965. Methods of soil analysis, part 2. Agronomy 9.
3. Bremner, J. M. 1965. Organic forms of nitrogen. In C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis, Part 2, Agronomy 9 : 1238-1255.
4. Broadbent, F. E. 1965. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 29 : 926-696.
5. Cornfield, A. H. 1960. Ammonia released on treating soils with N sodium hydroxide as possible mans of predicting the nitrogen-supplying power of soil. Nature 187 : 260-261.
6. Fitts, J. W., Bartholomew, W. V. and Heidel, H. 1953. Correlation between nitrifiable nitrogen and yield respose of corn to N fertilization as a basis for making N fertilizer recommendation for corn in Iowa. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17 : 119-112.
7. Gallagher, P. A., and Bartholomew, W. V. 1964. Comparison of nitrate production and other procedures in detenmining nitrogen availability in the Southeastern coastal plain soils. Agron. Jour. 56 : 179-183.
8. Hanway, J., and Dumenil, L. 1955. predicting nitrogen fertilizer need of Iowa soils III Use of nitrate production together with other information as a basis for making N fertilizer recommendation for corn in Iowa. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 19 : 77-80.
9. Jenkinson, D. S. 1968. Chemical tests for potentially available nitrogen in soil. Jour. Sci. Food. Agric. 19 : 160-168.
10. Keeney, D. R., and Bremner, J. M. 1964. Effect of cultivation on the nitrogen distribu tion in soils. Soil Sci. Soc.Amer. proc. 28 : 653-656.
11. ________________ 1966. Characterization of mineralizable nitrogen in soils. Soil.Sci. Soc. Amer. proc. 30 : 714-719.
12. ________________ 1966. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an indxe of soil nitrogen availability. Agron. Jour. 58 : 498-503.
13. Legg, J. O., and Stanford, G. 1967. Utilization of soil and fertilizer N by plants in relation to the available N status of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31 : 215-219.
14. Ozus, T., and Hanway, J. J. 1966. Comparisons of laboratory and greenhouse tests for N and P availability in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30 : 224-228.
15. Shiga Hitoichi, 1973. Nitrogen transformation in paddy fields under different environments in Japan. memeograph. International Rice Research Conference April 23-27, 1973.
16. Smith, S. J., and Stanford, G. 1971. Evaluation of a chemical index of soil nitrogen availability. Soil Sci. 111 : 228-232.
17. Spencer, N. F., Mackenzie, A. J. and Viets, F. G. Jr. 1966. The relationship between soil tests for available nitrogen and nitrogen uptake by various irrigated crops in the Western states. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 30 : 480-485.
18. Stanford, G., Ayces, A. S., and Doi, M. 1965. Mineralizable soil nitrogen in relation to fertilizer needs of sugarcane in Hawaii. Soil Sci. 99 : 132-137.
19. Stanford, G. 1968. Effect of partial removal of soil organic nitrogen with sodium pyro-

phosphate or sulfuric acid solution on subsequent mineralization of nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 32 : 679-682.

20. Stanford, G., and Smith, S. J. 1972 . Nitrogen mineralization potentials of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36 : 465-472.

21. Stevenson, F. J. 1960. Chemistry of soil nitrogen. prepared as part of ICA short course entitled "Soil test and soil fertility practices".

22. Subbish, B. V., and Asija, G. L. 1956. A rapid procedure for the estimation of available nitrogenin soils. Current Sci. 25 : 259-260.

23. Truog, E. 1954. Test for available soil nitrogen. Corn Fertilizer 88 : 72-73.

24. Verstraeten, L. M. J., Vlassak, K. , and Livens, J. 1970. Factors affecting the determ-ation of available soil nitrogen by chemical methods : Comparison of extractable carbon with mineralized nitrogen. Soil Sci. 110 : 365-370.

25. Waring, S. A., and Bremner, J. M. 1964. Ammonium production in soil under waterloged conditions as an index of nitrogen availability. Nature 201 : 951-952.

THE NITROGEN STATUS AND NITROGEN SUPPLYING POWER OF TAIWAN SOILS

C. F. Lin, A. H. Chang, C. C. Tseng

Summary

Nitrogen in the soil is almost always in the organic matter and as such is not directly utilizable by plants. Before, it can be taken up by a crop, the nitrogen must released through decomposition of the organic matter and transformed to the nitrate and ammonium forms of nitrogen. Since decomposition and transformation are biological proceses, they are affected by weather, soil texture, soil management, previous crop and other variables. The dependence of nitrogen availability on microbial activity makes testing for available nitrogen a more difficult problem than testing for available phosphorus and potassium. However, the nitrogen fertility of soil plays a crucial role in lowland rice production. It is necessary to know the behavior of native nitrogen during the growing season in order to control the N uptake by rice plants at each stage for getting adequate grain yield.

Twenty soil samples from plow layer scattered widely over the Island were taken to study the N distribution after acid hydrolysis, the liberation of mineralyzable N, the biological and chemical methods for measuring soil N availability. All the tested values were calibrated with the N uptake of rice and the percentage yield of rice in order to understand the N status and N supplying power of Taiwan soils. The results may be summarized as follows :

1. The average distribution of different forms of N calculated as percentage of total N was as follows : Non-hydrolyzable N (24.4%), total hydrolyzable N (75.6%), amino acid N (35.7%), hydrolyzable ammonium N (25%), hexosamine N (4.8%), and unidentified N (10.5%), The relation between N distribution and soil groups was obscure. However, significant correlations between some soil properties (organic matter, total N , clay content, cation exchange capacity)and various forms of N after hydrolysis were found. Among them, the correlation coefficients of soil organic matter as well as total nitrogen to the total hydrolyzable N and amino acid N were extremly significant (over 0.9).

2. Nitrogen values obtained after intermittently two-week waterlogged incubation were closely related to the contents of total hydrolyzable N, amino acid N, and unidentified N, So was the N-uptake of rice plant. It, thus, indicated that mineralizable N produced under two -week period of waterlogged incubation will reveal the nitrogen supplying power of paddy soils.

3. Cumulative net N mineralization was linearly related the square root of time, $t^{\frac{1}{2}}$, throughout the 12 weeks of intermittent incubation with most soils. Because of the generally consistant results, the data were employed in calculating the N mineralization potenial, N_0 of each soil, based on the hypothesis that rate of N mineralization was proportional to the quantity of N comprising the mineralizable substrate. Values of N_0 ranged from 90 to 340

ppm of air-dry soil, and they were closely related to the N-uptake of rice plant.

4. Rates of N mineralization (ppm N/week $\frac{1}{2}$) declined gradually with increasing duration of incubation with most soils. However, the relative low rate of mineralization during 0-2 weeks was found among them, it may reflect lag in microbial activity and/or assimilation of N by organisms owing to decomposition of small amounts of low-N plant material. The N mineralization rates of some soils were essentially constant or even gradually increase for all cumulative periods from 0-12 weeks. N-uptake of rice was closely related to N mineralization rate obtained at each period of intermittently two-week incubation.

5. Among the biological and chemical assays, N values obtained from the 1-week period of waterlogged incuation at 40°C was comparable to those from two-week period of incubation. and N value from micro-diffusion method in which ammonia released on treating soil with normal sodium hydroxide agreed moderately well to those from two-week period of incubation.

6. Highly significant correlation existed between N-uptake of rice from no N pot and combined N values obtained by 1-week period of waterlogged incubation and inital NH_4-N. So was the percentage yield of rice grain. Among chemical assays, only micro-diffusion method gave N values fairly related to N-uptake of rice from no N plot as well as to the percentage yield of rice. However, the coefficients of determination for these relationships obtained by chemical assays were appreciably lower than those by waterlogged incubation.

In conclusion, ammonia production after 1-week period of waterlogged incubation at 40°C agrees extremely well with the N-uptake of rice or the N supplyng power of the soills under certain conditon. As this method is rapid and precise and is readily applicable to both air -dried and field moist soil, it can be employed to study the liberation of native nitrogen under various field conditions in order to understand the nitrogen fertility of paddy soils.